

## Aコース マジックミラーの秘密を暴く

太田忠之・福田善之（宮城教育大学教育学部理科教育講座）

実施日時：2003年7月19日（土）、20日（日）

実施場所：宮城教育大学 物理第一学生実験室

参加生徒数：25名（19日）、11名（20日）計 36名

担当学生：山内志帆、石黒知恵子、大草和也、木村文子

鈴木寛之、千島拓朗、橋本拓也、原田将平

宮崎佳彦、岩田薫

担当教官：太田忠之、福田善之

### 1. はじめに

フレンドシップ事業の当初からテーマの設定は基本的に参加学生（現在では総合演習として必修）の問題意識を最大限に尊重する方針で臨んできているが、年々適切なテーマ（中学生を呼んで日常の学校の授業では触れることのない、しかし科学への好奇心を鼓舞するための研究テーマ）へと誘導することが難しくなっていると感じている。簡単に言うと、あまりに漠然として科学の域に達しないものや、逆にSF的なものなどがよく出てくる。また、自分でテーマ探しをすることはおそらくこれまでほとんど経験のないことであろうし、それは毎日の勉強の中で疑問を持つという習慣が欠如していることの反映でもあろう。したがって、ヒントを見つける程度では悪い傾向とは言えないが、安易な方法としてインターネットでネタを見つけようとするようである。今年テーマを絞ってゆく段階で非常に驚いたことがある。それはテーマ調整の最終段階まで「爆弾作り」を強く主張する学生たちがいたことである。それは単純な好奇心といえればそれまでであるし、また男の子であれば花火の火薬を集めてロケットを作るなどの経験をもっている大人も結構いるかもしれない。しかし、将来理科の教師を目指して勉学に励んでいる学生が中学生のための科学教室で「爆弾作り」を提案することを笑って受け流すわけにはいかないと思う。このことは私達の社会の中での科学の位置付けが少数の極端な崇拜と圧倒的な無関心とに分離してきていることの反映ではないかと危惧される。私達は科学教育に携わる中で単に知識の習得ではなく、何のための科学か、社会にそして人類にどのような影響をもたらすのかという観点を常に認識できるように教えることをおろそかにしてきたのではないだろうか。

### 2. テーマと実施内容の検討

A班のテーマはマジックミラーとなった。これは1人の学生の身近な経験「コンビニでアルバイトをした時に店舗と事務室の間がマジックミラーになっていた。どういう仕組みなのか気になっていた。」という話から発展したもので、他の参加学生もそれぞれに、ビルの窓、映画の取調べのシーンから、普通の窓ガラスでも夜にはマジックミラー的働きをしているなど興味を

示し、テーマとして決定した。

次の段階は

(I) 学生達自身の理解がどのレベルであるかを把握し、マジックミラーの原理を理解できるレベルまで勉強してもらおう、

(II) それに基づいて、中学 1、2 年生の知識の範囲で理解と興味を持ってもらえる内容をどのように構成をするかを検討する、  
ことである。

(I) に関して、光の性質について大学では屈折率のことは講義・実験で扱っているが、反射の割合と透過の割合が屈折率と関係することは全く教えていない。これは電磁波（電場と磁場）の反射と透過の理論なのでかなり難しく、一通り講義を試みたがやはり理解は無理だったようである。むしろ実際の屈折率の異なる物質を使って反射の割合と透過の割合を測定することを試みることであれば、学生達の理解を深めるのに有効だったと思う。しかし現在の学生達はそれぞれに自分の固有の生活が確立しているようで、週 1 回の正規の授業時間以外に 10 人の学生が集まって実験をするなど全く不可能で、結局直前になってやっと動き出すというのが実情である。

(II) に関しては、塾や家庭教師などで教えている経験者を中心に、「中学生が持っている知識のレベルを基にどのように内容を展開するか」を議論し授業案の検討を繰り返した。この議論は学生の主体性に任せたがよくやったと思う。いろいろなアイデアを検討する中でどの位の透過率のハーフミラーならどのような結果になるかなどの具体的検討を試行実験する時間的余裕がなく（ハーフミラーの見本の取り寄せなどにも時間がかかり）、思考実験とインターネットから得た情報などを基に実施内容の原案がまとめられ、それを教官のアドバイスのもとで具体的な装置作りをしながら練り上げた。

当初、ハーフミラーそのものの理解を深めるために本学の真空蒸着装置を使ってガラスにアルミニウムを蒸着させ、自分達で反射・透過率の異なるミラーを作成し、それを使った実験を組むことを考えた。それはハーフミラーの作成を是非やってみたいという強い希望を持つ学生がいたからで、厚さ 1.5 ミリ、10 cm×10 cmのガラスを使って試作してもらったが、これは熟練を要する作業で、蒸着膜を一様に作ること、一定の膜厚のものを何枚もつくることなど今回の目的に使用できるものまでは作成できなかった。しかしこのように材料そのものの作成から取り組むということは科学研究の基本であり、大学の学生実験の中でも経験することが少なくなっている。結局ハーフミラーは市販の透過率が約 30%のものを使うことにした。

授業のねらいとして学生達は次の 3 点にしぼった。

- 1) マジックミラーについて興味・関心を持つ。
- 2) マジックミラーの原理を理解する。
- 3) 身の回りにもマジックミラーと同じ現象があることを理解する。

### 3 . 実施プログラムの内容

[観察 ] 魔法の部屋：部屋の中央をブラックシートで仕切りを作り、その真中にマジックミラー（32cm×54cm）をつけた。部屋の一方を暗く他方を明るくしておき生徒達を部屋に案内し、最初自由に観察させる。その後部屋の明暗を逆転させる。

実験室に戻った後、学生手製のマジックスコープ、マジックメットを配り観察させ直接ミラーに触らせる。



図 1 原寸大のマジックミラーを部屋の中に再現。

[観察 ] 鏡、アクリル板、マジックミラーの3つに光を当て、反射と透過の違いを目で確かめる。（光は45°方向から当てる。）それぞれの反射光と透過光について、ワークシートに明るい（ ） 暗い（ ） 見えない（×）を記入させる。

[実験 ] これは観察の結果を定量的にとらえる目的で行う。

準備品： マジックミラー、アクリル板、鏡、光源（スライドプロジェクター）、  
発砲スチロール（支え） 紙コップ、太陽電池、電流計、  
ダンボール（光源の高さの調整用）

実験方法： 光源の先方に電流計につないだ太陽電池を置き、光の強さを電流の大きさを測る。  
光源と太陽電池の間に何も置かない場合とアクリル板、マジックミラーを置いた場合ではどのくらい光の強さが変わるかを測定する。

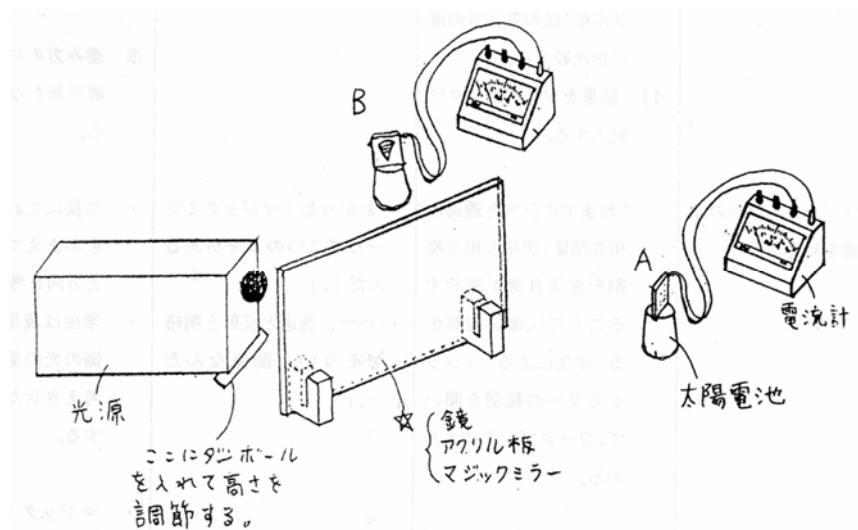


図 2 材料の違いによる光の透過と反射を測定する実験



図 3 実験の様子

[実験] 明暗の違いでマジックミラーやアクリル板、鏡の見え方が変わるかどうかを調べる。  
これは観察の条件を自分で検証するための実験である。

準備品： スライドプロジェクター、ダンボール、マジックミラー、アクリル板、鏡

実験方法： ダンボールを筒状にし、片方を塞ぐ。ダンボールの中央に仕切りをつけ、かつその仕切りは取り外しできるようにしておく。その仕切りには2つの枠があり、そこにマジックミラー、アクリル板、鏡を入れることができるようになっている。ダンボールの塞がれていない方の横側に穴をあけスライドプロジェクターを差し込む。3つのうちどれか2つを入れて奥を見る。スライドプロジェクターやアクリル板の

向こう側がどう見えるかを観察する。

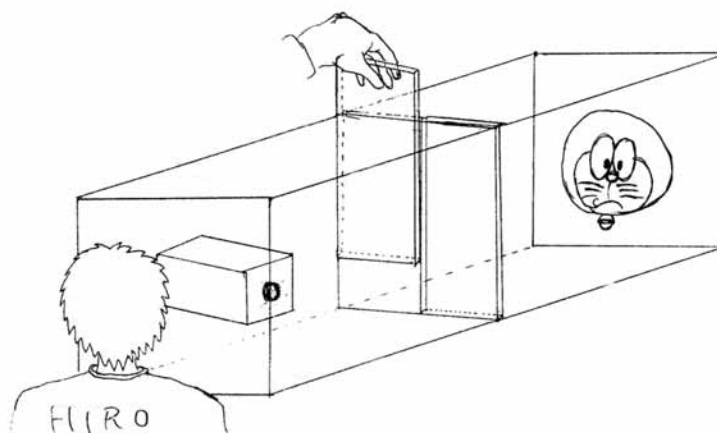


図 4 マジックミラーの原理である明暗を体験する実験

[おもちゃ作り] マジックミラーの原理を理解した上での写真立ての製作。

材料： 工作用紙（型どおりに切っている）、マジックミラー、豆電球、ソケット、導線、電池ケース、スイッチ、電池（単 3 電池 2 個）

#### 4 . 実施結果

具体的進行は学生達が作成した授業案にそって実行された。導入部の魔法の部屋は予想以上の反応であった。生徒達は明かりを逆転させたときの変化を最初は不思議がっていたが、やがて明るさが関係していることに気が付いた生徒が多かった。鏡とアクリル板、マジックミラーの反射と透過の比較では、鏡については明白だがアクリル板とマジックミラーの比較を、  
、  
×で記入することに迷う生徒が少し見受けられた。しかし、アクリル板ではほとんど透過するのに、マジックミラーでは反射と透過が同程度だという識別は皆ついたのである。

実験 は太陽電池を使うという目新しさも興味を引いたようで、各班とも協力していかに正確なデータを取るか一生懸命であった。測定値として透過の割合と反射の割合の和が 100 パーセントにならないことに気づいた生徒もいた。実験 では自分達で試行錯誤しながら観察をし、魔法の部屋の状態の再現を行い、何が重要かに気づかせることができた。この実験 と最後のおもちゃ作りの間に、学生によるマジックミラーの原理のまとめの解説が行われた。これは光の強さと方向を、矢印を使って説明しようとするアイデアであったが、実験の準備が前日の徹夜におよび、この大事なまとめ部分の予備練習を行うことが出来なかったため一日目の解説は学生達にとっても不満足なものとなり、内容が生徒にもあまりうまく伝わらなかった。一日目の終了後にこの点について提言を与え、学生達が再検討と議論をした結果、次のような改善がなされた。(i) 1つの入射光についてその透過光と反射光を両方示す。そして入射光の矢印の幅が透過光の矢印の幅と反射光の矢印の幅の和になるようにつくる。(ii) 明室から入射する光と暗室から入射する光の強さの違いがはっきりするように矢印の幅を変えかつ暗室からの光の矢

印は黒く塗る。このように改善した結果の例が図5である。

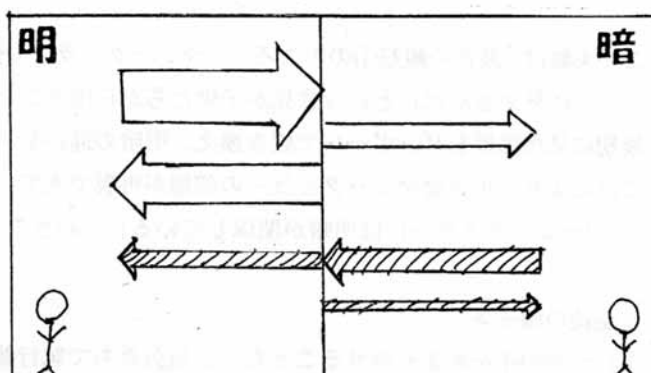


図5 明暗の原理の説明に使用した解説図

この新しい矢印によって原理の解説は非常にわかりやすくなり、2日目の生徒達は全員きちんと理解できたと思われる。最後のおもちゃ作りは時間の不足を予想して工作用紙を前もって型に切っておくなど短時間で完成できるように準備したが、内部の組み立てが狭い空間のなかで手を使わなければならないことから個々の生徒の器用さの違いもあり時間内に完成できない生徒がいた。

## 5. まとめ

導入部の驚きから、簡単な観察、具体的測定実験、原理の解説と理解、応用としてのおもちゃ作り、と1日で行う授業展開としてはかなりうまく出来たと思うし、良いテーマであった。参加した生徒達の反応がこのことをよく示していた。さて、これを一過性の1つのイベントとして楽しかったという感激で終わらせてしまったのでは(特に学生達はこういう受け取り方をしているようであるが)このフレンドシップ事業の本来の目的をはたしているとはいえないと思う。重要なことは、これがわが国の科学の普及と向上、すなわち国民全体の科学に対する意識を高め、一方で若者達に科学の世界に興味と関心を持たせる優れた教育者の育成とそして優秀な科学者の輩出につながることである。この観点から見ると少なくとも次の点が欠落していた。

今回の生徒達は普段学校の授業では開ける事のない窓を開けて科学の世界をのぞく経験をしたのである。マジックミラーという窓を開けた先には無限の広い科学の世界が広がっている。この光に関わる現象がどんな科学の問題につながっているのか、現在のどんな研究開発がなされているのか。それを知るための資料や参考に読めるどんな本があるのか。こういう情報を調べ生徒に与え、彼と彼女達の知的好奇心をさらに鼓舞することは科学教育の欠くことのできない基本的使命であると思う。

指導に当たった学生達は自分たちで考えた授業の準備をし、そしてそれに基づく生徒指導という貴重な体験をした。しかし望むべくは上に述べたことを実行できるように自ら準備できる

ことである。そのためには中学校の教科書レベルの光の知識だけでは到底不可能で、またそれだけでは勿論自ら工夫した授業を作り出すことなど到底行えず、科学教育者としての使命は果たせない。大学における日々の勉学がその時々の一時的のぎの連鎖でなく、より深い科学の理解と体系的勉強がこの目的を達成するための唯一の方法であることを自覚してほしい。

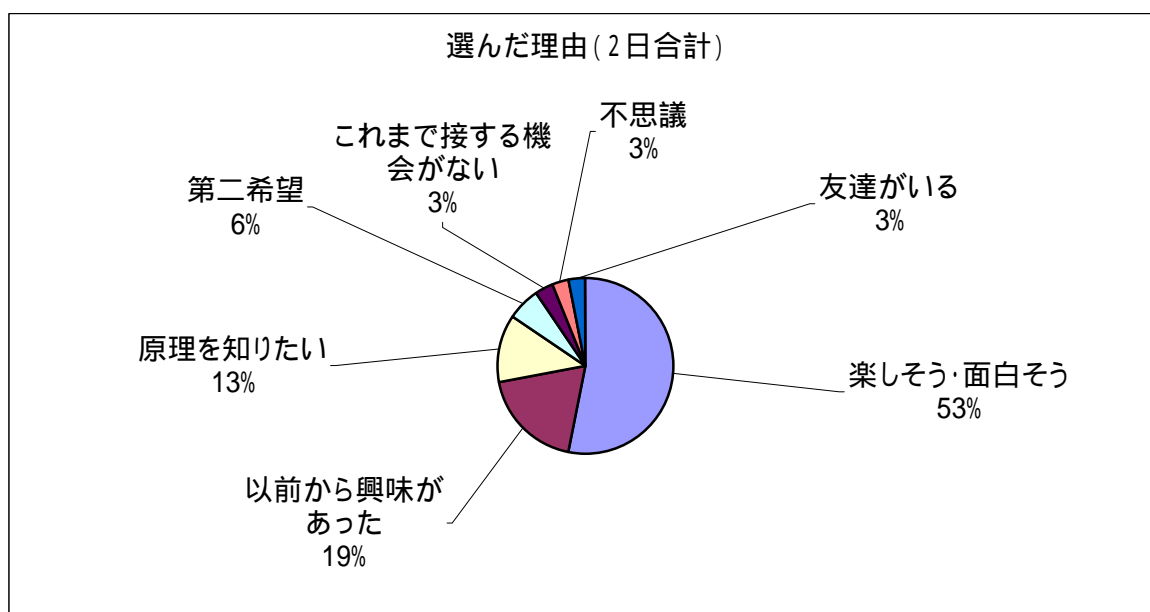
#### 参考資料 学生自身が行ったアンケートによる評価

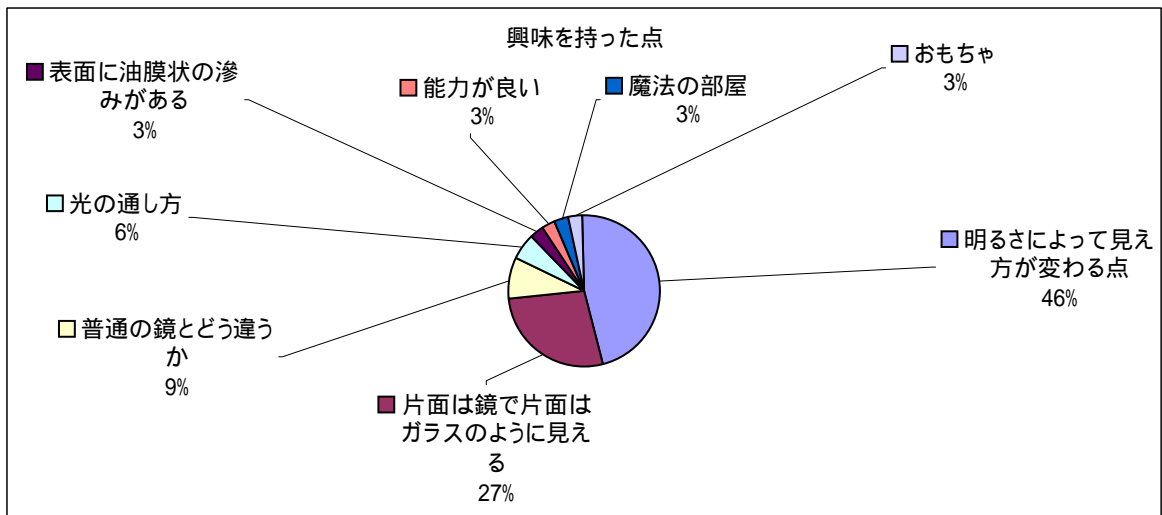
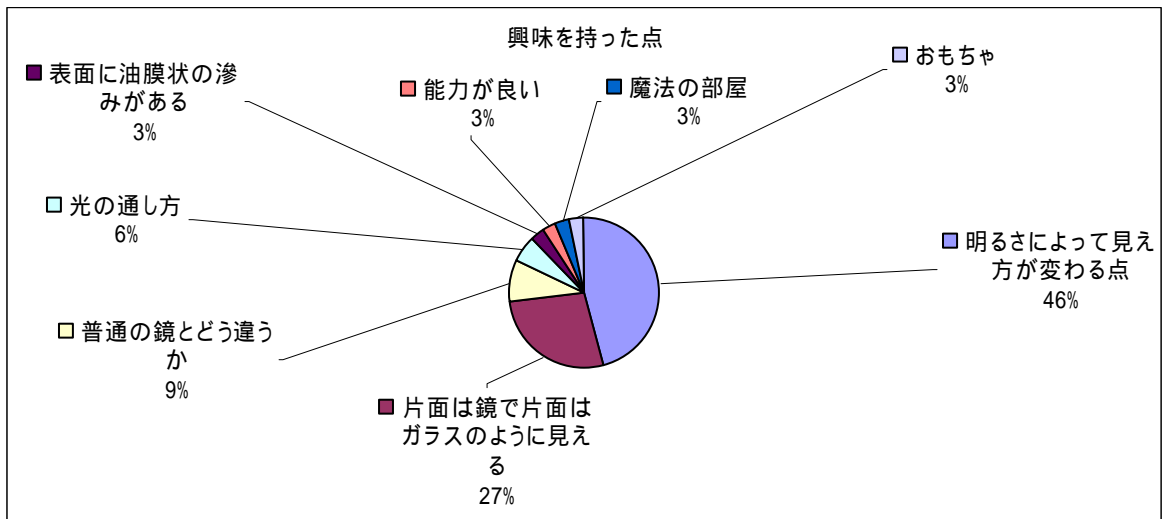
##### (良かった点)

- 1) 実物のマジックミラーを用意することで、子供たちの興味をひく事が出来た。
- 2) 子供たちが何か気付いたりする姿が見られた。
- 3) 1日目が終わった時点で、伝わりにくいと思った事柄を2日目に改善し、より子供たちが理解しやすく出来た。
- 4) マジックミラーの原理を理解することで、夜の窓ガラスなど子供たちが、身近に同じような現象がたくさんあるということ気付くことが出来た。
- 5) おもちゃを子供たちが楽しんで作っていた。

##### (悪かった点)

- 1) 授業で使用するものの準備が遅かった。
- 2) 準備が遅れたことにより、模擬授業があまり出来なかった。
- 3) 生徒におもちゃ作りの時間を十分に与えられなかった。
- 4) おもちゃを作る過程が少し複雑だった。
- 5) 学生がマジックミラーや光の性質を理解するのが十分でなかった。







参考資料2 学生が作成した授業案

<午前> 10:30~12:00

	学習の流れ	予想される生徒の反応	活動の補助・留意点
1 マジックミラーについて観察する(観察)	1) 実際に魔法の部屋を見る。終了後は自由に観察する(観察) 2) マジックメット、マジックスコープで遊ぶ(マジックメット、マジックスコープ、各班1個ずつ)(観察) 3) 気付いたことをワークブックに記入し発表する。 4) マジックスコープのマジックミラーを取り外して、観察する。 5) 気付いたことをワークブックに記入し発表する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「これがマジックミラーか！」</li> <li>・「片側からは見えるんだ。」</li> <li>・「少しあっち側が見えた。」</li> <li>・「おもしろかった。」</li> <li>・「鏡のようだった。」</li> <li>・「取り出すと変わってしまった。」</li> <li>・「鏡は～だった。」</li> <li>・「アクリル板は～だった。」</li> <li>・「マジックミラーは～だった」</li> <li>・「透過(通り抜ける)と反射の明るさがそれぞれ違った。」</li> </ul>	1) 魔法の部屋(理科第二合同研究室)では暗室(実験室)側、明室(理科棟入り口)側にし、部屋の仕切りの所にマジックミラーを置いて、生徒に自由に観察させる。 2) 4) 生徒一人一人に注意深く観察させ、幅広い意見を待たせることが出来るように指導する。 3) 5) ここでの疑問を次の3種を比べるための導入とする
2 マジックミラーの原理への導入。	1) 鏡、アクリル板、マジックミラーはそれぞれどのくらいの光を透過・反射するのかを目で観察し、比較する。光源はスライドプロジェクターを用いる(観察) 2) 観察した結果や気付いたことをワークブックに記入する。		<発問>「マジックミラーについて気付いたことを発表しよう。」 1) 学生が、スライドプロジェクターで鏡、アクリル板、マジックミラー、それぞれに光を当てて、透過光は黒板に、反射光はカーテンに映るように置く。

<午後> 13:00～

	学習の流れ	予想される生徒の反応	活動の援助・留意点
3 透過と反射についての実験を行う。	1) 透過と反射の実験を行う。実験前に太陽電池について理解する。 2) 透過と反射についてマジックミラー、アクリル板、鏡の比較実験を行う。比較法として太陽電池を利用した照度計、スライドプロジェクターを光源として用いる。 3) 結果をワークブックに記入する。 4) 結果を全光量との割合に直す。 5) 3の視覚による結果と割合の結果を比べる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「これが太陽電池なんだ。」</li> <li>・「光の強さによって違う。」</li> <li>・「鏡は反射しかしない。」</li> <li>・「アクリル板は透過の光が強い。」</li> <li>・「マジックミラーは透過もするし反射もする。。」</li> <li>・「鏡も 100% じゃないよー。」</li> </ul>	1) 太陽電池に光が当たると電流が流れることを理解させる。また、光の強さによって電流計の針の振れ方が変わることを理解させる。 2) 実験シートに従って実験位置を決めさせ、実験をスムーズに進めさせる。 4) 割合が苦手な生徒もいると思われるので生徒が各班ごとに注意して指導を行う。 5) 3で観察した結果と実験結果が同じであることを気付かせる。
4 実験結果をまとめる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ これまでの実験の結果を利用し、ワークブックにまとめる。鏡、アクリル板を含め、マジックミラーの原理となっている反射と透過の相互関係について理解を深める</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「アクリル板の光の道筋はこうなっているんだー。」</li> <li>・「マジックミラーには光の量の違いがあるんだー」</li> <li>・「だからこういう風に見えるんだー。」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 考える時間やグループの話し合いの時間を生徒の反応や様子を見ながら調節する。</li> <li>・ 光の透過量を抑え、反射量のある程度持つマジックミラーの性質を理解させる。</li> </ul>

<午後> 13:40～

学習内容	学習の流れ	予想される生徒の反応	活動の援助・留意点
------	-------	------------	-----------

<p>5 明暗について理解を深める（実験）</p>	<p>1) 2で明暗の有無に気付いていない生徒が多数いたらマジックスコープをもう一度観察する。</p> <p>2) マジックミラーで二つの空間を区切り、プロジェクターの光で見え方がどのように変化するか観察する。</p> <p>3) マジックミラー、アクリル板、鏡の見え方の違いを比較する。</p> <p>4) 結果をワークブックに記入する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>これまでの反射と透過の相互関係、明暗の担う役割を生徒自身が図示することで現象を理解する。学生による、マジックミラーの説明を聞いて、ワークブックにまとめる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「向こう側が明るいとうこうが見える。」</li> <li>「こちら側が暗いと自分の顔が見えた。」</li> <li>「マジックミラーの方がきれいに反射して見えた。」</li> </ul>	<p>1) これまで明暗に気付く生徒がいなかった場合、マジックスコープ、取調室を利用する。</p> <p>2) 明暗によって見え方がどのように変化し、どんな役割をしているか理解させる。</p> <p>3) 明暗によってマジックミラーの現象が起こることを気付かせる。進み方の早い班には机間指導で新たな問いを投げかける。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒にこれまでの実験結果をふまえて光の矢印の太さと方向を考えさせる。</li> <li>学生は最後に明室側、暗室側の光の量と方向を生徒に考えさせたものを基に説明する。</li> </ul>
<p>6 マジックミラーの原理を知る。</p>	<p>1) マジックミラーでなくとも現象が起こることを確認する。</p> <p>2) 実験室の廊下側のガラス、明暗の実験装置でアクリル板に自分の顔が写っている事を確認する。</p> <p>3) 理由を考えるために、図示し理解へつなげる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「わかった！マジックミラーって二つのカギがあるんだ！」</li> <li>「へー、透過と反射と明暗でそういう関係なんだー。」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>マジックミラーの現象が身近に見ることが出来るということを認識させる。</li> </ul>
<p>7 マジックミラーの原理を拡張する。</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>「夜の窓ガラスだー。」</li> <li>「うわっ、写ってるよ！」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6で使った模造紙を用いてまとめる。</li> </ul>

<午後> おもちゃ作り 14:30~

	学習の流れ	予想される生徒の反応	活動の援助・留意点
8 おもちゃの製作	<ul style="list-style-type: none"><li>写真が浮かび上がる写真たてを作る</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>「よし！頑張って作るぞ！」</li><li>「どんなのができるんだろう？」</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>写真付きの作り方を各班に二つずつ配る。</li><li>各班におもちゃの材料を配る（あらかじめ、ケースに分けておく）</li></ul>